

# Diseño experimental de materiales modulares de construcción utilizando plásticos reciclado como agregado

Guillermo José Zavala Arteaga <sup>1</sup>

**Resumen.** La contaminación ambiental es la presencia en el medio de cualquier agente físico, químico y biológico o una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones, lo que lleva a que todo ello sea nocivo para la salud, la seguridad o el bienestar de la población. La disposición de residuos constituye una preocupación para la población, considerando que, cuando la misma se realiza en forma inadecuada, se genera contaminación. Según datos estadísticos de la Unidad de Desechos Sólidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN 2010, en El Salvador se generan cerca de tres mil quinientas toneladas diarias de basura, de las cuales un 12% es material recuperable como el plástico, que proviene generalmente de envases. El siguiente artículo presenta la investigación realizada sobre el diseño de materiales de construcción elaborados con la combinación de cemento, agregados y plástico tipo Tereftalato de Polietileno, PET, también como agregado. Este plástico es la materia prima con la que se elaboran los envases de jugo, agua, bebidas gaseosas y otros. Considerando que el PET es un material no biodegradable, que es desechado y que genera una alta contaminación ambiental, esta combinación de materiales puede ser una alternativa de protección al medio ambiente y podría ser implementado como una nueva tendencia en la construcción.

El proyecto de desarrollo experimental para la elaboración de materiales de construcción a base de plástico reciclado consistió en triturar y convertir las botellas plásticas en agregados, plantear los diseños que deben tener los elementos creados, determinar las propiedades físicas de los materiales utilizados y probar la resistencia de los mismos, dando la posibilidad de tener nuevas alternativas constructivas y decorativas. Los resultados de este estudio tienen como objetivo contribuir a minimizar la contaminación ambiental en El Salvador, reutilizando la mayor parte posible de PET.

**Palabras clave.** Materiales de construcción, material plástico, utilización de desechos, administración de desechos, tecnología de reducción de desechos, conservación de recursos.

## Desarrollo

En El Salvador la disposición final de los residuos plásticos tiene un impacto ambiental en la medida en que los residuos sólidos son eliminados en botaderos a cielo abierto; siendo ésta una práctica que predomina en la mayoría de los municipios. Dicha práctica es favorecida por la falta de aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos, la falta de coordinación inte-

rinstitucional del tema, y la falta de recursos financieros. Lo anterior origina la poca utilización de tecnologías para el manejo de los residuos plásticos. Ante dicha problemática se vuelve importante buscar alternativas para minimizar la contaminación. En este sentido la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura de ITCA-FEPADE plantea el desarrollo experimental para la fabricación de diferentes materiales constructivos utilizando botellas de

<sup>1</sup> Arquitecto, Docente Investigador, Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Santa Tecla. Email: guillermo.zavala@itca.edu.sv.

plástico trituradas como materia prima. Todo esto, con base en la implementación de un concepto de reciclaje que permita la creación y diseño de algunos elementos arquitectónicos y constructivos aplicando, técnicas de ingeniería y arquitectura para elaborar elementos donde se combinen el reciclaje y la innovación.

Para determinar si la mezcla o combinación de materiales para producir morteros o concreto tiene las propiedades adecuadas para ser utilizada en la construcción, se analizó en el laboratorio las propiedades de dichos materiales: cemento, arena, grava, plástico triturado y agua. En el glosario de este artículo se hace una breve descripción de estos materiales.

En los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura de ITCA-FEPADE, se desarrollaron diferentes pruebas de laboratorio a los materiales utilizados en la elaboración de la mezcla para los cubos de ensayo y los prototipos de los elementos arquitectónicos a diseñar. Entre las pruebas realizadas están el cuarteo de material, la determinación del contenido de humedad, el peso específico, el peso volumétrico y el análisis granulométrico, la consistencia normal de una pasta de cemento y la determinación del tiempo de fraguado. Estas pruebas determinan la calidad del material utilizado y permiten que el elemento creado tenga las condiciones necesarias para soportar las pruebas finales de compresión. De esta manera se obtuvo un estudio más certero y preciso de la resistencia alcanzada para determinar si la mezcla cumple los requisitos especificados en las normas técnicas.

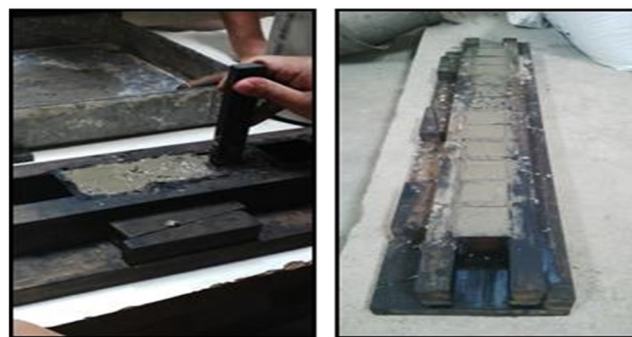
A continuación se muestra el proceso de elaboración de los cubos de ensayo, desde la determinación de las proporciones, el armado de los moldes, hasta la prueba de compresión realizada en cada uno de ellos.



**Fotografía 1 y 2. Preparación de moldes.**



**Fotografía 3 y 4. Preparación de mezclas.**



**Fotografía 5 y 6. Llenado de moldes**



**Fotografía 7 y 8. Curado de cubos elaborados.**



**Fotografía 9 y 10. Prueba de compresión.**



Fotografía 11 y 12. Resultado prueba de compresión.

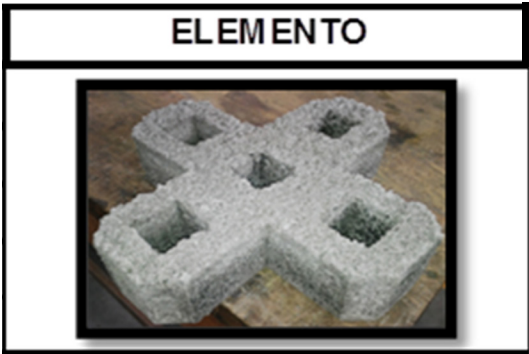
En la tabla 1 se muestra un resumen con las diferentes proporciones de material utilizado y los resultados obtenidos en cada uno de ellos en cuanto a volumen, peso y resistencia alcanzada en los cubos de 5 cms. Para la elaboración de cada uno de los cubos se desarrolló una mezcla cementicia, a la cual se le agregó el plástico reciclado previamente procesado y el porcentaje de agua, lo cual generó el mortero que se vertió en los moldes.

CÁLCULO PESO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA DE MORTERO (28 Días)								
No.	PROPORCIÓN	DIMENSIONES DE LA MUESTRA			Volumen cm <sup>3</sup>	Peso gr	Peso Volumetrico gr/cm <sup>3</sup>	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
	Cemento - PET Molido	Ancho cm	Largo cm	Altura cm				
1	01 - 1.0	5.20	5.20	5.20	140.61	120.50	0.86	21.40
2	01 - 0.75	5.10	5.20	5.10	135.25	134.00	0.99	42.75
3	01 - 0.50	5.20	5.20	5.10	137.90	168.10	1.22	62.66
4	01 - 0.25	5.20	5.20	5.10	137.90	184.30	1.34	72.20

Tabla1. Cálculo de volúmenes, pesos y resistencias. Cuadro elaborado a partir de las pruebas de laboratorio.

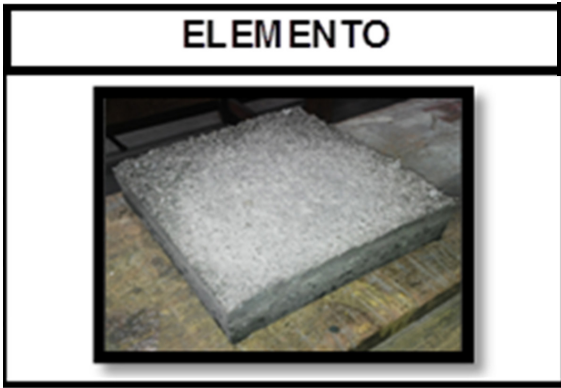
Las pruebas realizadas permitieron obtener elementos ligeros y con mejores propieda-

des que las del mortero convencional, considerando utilizar la mezcla para elaborar elementos arquitectónicos. Con las proporciones ensayadas, se optó por utilizar la mezcla cemento – PET molido con proporción 01 – 0.25 (1 proporción de cemento y 0.25 proporción de plástico) como modelo para la elaboración de los prototipos, los cuales se muestran a continuación:



CARACTERISTICAS		
Nombre:	Adoquin Diagonal	
Dimensiones (cms):	40x40x8	
Volumen (cms3):	3000	
Cantidad de Material (kg)	Cemento	3.6
	PET	1.8

Tabla 2. Prototipo de adoquín diagonal



CARACTERISTICAS		
Nombre:	Adoquin Cuadrado	
Dimensiones (cms):	20x20x4	
Volumen (cms3):	1600	
Cantidad de Material (kg)	Cemento	1.92
	PET	0.96

Tabla 3. Prototipo de adoquín cuadrado



## ELEMENTO



## CARACTERISTICAS

Nombre:	Adoquin Corbatín	
Dimensiones (cms):	20x12x5	
Volumen (cms3):	1000	
Cantidad de Material (kg)	Cemento	1.2
	PET	0.6

Tabla 4. Prototipo de adoquín corbatín.

## ELEMENTO



## CARACTERISTICAS

Nombre:	Gramoquin Ecológico	
Dimensiones (cms):	30x30x5	
Volumen (cms3):	2500	
Cantidad de Material (kg)	Cemento	3
	PET	1.5

Tabla 5. Prototipo de gramoquín ecológico.

## Conclusiones

- La mezcla cementoplástico, puede alcanzar los parámetros mínimos de resistencia especificados en las normas técnicas tradicionales, las cuales rigen los

elementos creados a base de cemento y arena.

- Haciendo una comparación con los elementos creados con la mezcla tradicional, podemos decir que la nueva mezcla definida posee características similares; mejorando incluso algunos aspectos como la cantidad de agua utilizada, el peso específico, la resistencia al fuego y la acústica.
- Los diferentes elementos modulares constructivos elaborados con la mezcla cementoplástico, deberán ser estudiados y probados como elementos de relleno, divisorios o de bajo tráfico para áreas y espacios que requieran materiales de construcción de baja resistencia.
- Se deberá considerar además la utilización de algún aditivo, aglomerante o estructura modular que ayude a darle mayor adherencia a la mezcla e incluso se puede colocar algún colorante que le de una mejor estética al elemento creado.

## Glosario

**Agua.** Como regla general se puede decir que el agua apta para el amasado y curado del mortero en la mayoría de los casos es el agua potable.

**Arena.** Es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. Se refiere a partículas de agregado menores de 4.75 mm pero mayores de 75 micras. Resulta de la desintegración natural y de la abrasión de la roca o del procesamiento de piedra caliza deleznable. El componente más común de la arena, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo.

**Cemento.** Es un material formado por la mezcla y calcinación de materiales existentes en la naturaleza, como la piedra de marga, sustancia caliza y arcillosa. Son los únicos conglomerantes hidráulicos normalizados; que amasados con agua, fraguan y endurecen; tanto expuestos al aire, como sumergidos en agua, pues son los productos que permiten hidratación estable en tales condiciones. Sustancia conglomerante de otros materiales, corrientemente plástico en el momento de su aplicación.

**Plástico.** Término que se aplica a las sustancias sintéticas producidas químicamente y de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y apli-

caciones. Son materiales poliméricos orgánicos, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. \*

\* Manual Procesos Constructivos para Viviendas.

\* Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

## Bibliografía

**ENCICLOPEDIA** de la ciencia y la tecnología. Vol. 1. Barcelona: Danae, 1979. 400 p. ISBN: 84-7060-491-0 (vol.1)

**GAGGINO**, Rosana. Componentes constructivos elaborados con una mezcla cementicia y agregados de plásticos reciclados. En: Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales (2º : 2008: Córdoba, Argentina). [Trabajos]. Córdoba, Argentina: Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE – CONICET). 2008. [fecha de consulta: 20 julio 2014]. 6p. Disponible en: <http://www.materiales-sam.org.ar>

**NUÑEZ**, Arturo. Reciclaje del plástico [en línea]. San Salvador: Corte Suprema de Justicia, 2008. [fecha de consulta: 14 de julio de 2014]. Disponible en: [http://www.csj.gob.sv/ambiente/DOCUMENTOS/Reciclaje\\_Plastico.pdf](http://www.csj.gob.sv/ambiente/DOCUMENTOS/Reciclaje_Plastico.pdf)

**PRODUCTOS** desechados de plástico y PET se convierten en placas, bloques y viguetas. Diario La Nación: Buenos Aires, 30 de junio de 2002. p. 56. Col. 1. (En sección: Construcción).

**PUTNAM, R. y CARLSON. G.** Diccionario de arquitectura construcción y obras públicas: español – Inglés. 3ª. ed. Madrid: Paraninfo, 1994. 535 p. ISBN: 84-283-1560-4

**REAL** Academia Española. Diccionario de la Real Academia Española. Madrid: RAE, 2001. Disponible en: <http://www.rae.es>



# UN FUTURO LLENO DE OPORTUNIDADES

